

5

10     **Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus**

**BESCHREIBUNG**

15

**Technisches Gebiet**

20     Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Leistungselektronik. Sie geht aus von einer Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

25     **Stand der Technik**

Umrichterschaltungen werden heute in einer Fülle von leistungselektronischen Anwendungen eingesetzt. Die Anforderungen an eine solche Umrichterschaltung sind dabei zum einen, möglichst wenig Oberschwingungen an Phasen eines an die Umrichterschaltung gängiger-  
30     weise angeschlossenen elektrischen Wechselspannungsnetzes zu erzeugen und zum anderen mit einer möglichst geringen Anzahl an elektronischen Bauelementen möglichst grosse Leistungen zu übertragen. Eine geeignete Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus ist in der DE 692 05 413 T2 angegeben. Darin sind n erste

Schaltgruppen für jede Phase vorgesehen, wobei die n-te erste Schaltgruppe durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter gebildet ist und die erste erste Schaltgruppe bis zur (n-1)-ten Schaltgruppe jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter verbundenen Kondensator gebildet sind, wobei  $n \geq 2$  ist. Jede der n ersten Schaltgruppen ist parallel mit der jeweils benachbarten ersten Schaltgruppe verbunden, wobei der erste und der zweite Leistungshalbleiterschalter der ersten ersten Schaltgruppe miteinander verbunden sind. Der erste und der zweite Leistungshalbleiterschalter ist jeweils durch einen Bipolartransistor mit isoliert angeordneter Ansteuerselektrode (IGBT - Insulated Gate Bipolartransistor) und durch eine dem Bipolartransistor antiparallel geschaltete Diode gebildet.

Problematisch bei einer Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus nach der DE 692 05 413 T2 ist, dass die in der Umrichterschaltung während des Betriebs gespeicherte elektrische Energie sehr hoch ist. Da die elektrische Energie in den Kondensatoren der n ersten Schaltgruppen der Umrichterschaltung gespeichert ist, müssen die Kondensatoren für diese elektrische Energie, d.h. bezüglich ihre Spannungsfestigkeit und/oder ihrer Kapazität, ausgelegt werden. Dies bedingt aber Kondensatoren mit grosser Baugrösse, die entsprechend teuer sind. Zudem benötigt die Umrichterschaltung aufgrund der bezüglich der Baugrösse grossen Kondensatoren viel Platz, so dass ein platzsparender Aufbau, wie er für viele Anwendungen, beispielsweise für Traktionsanwendungen, gefordert ist, nicht möglich ist. Weiterhin bewirkt der Einsatz der bezüglich der Baugrösse grossen Kondensatoren einen hohen Montage- und Wartungsaufwand.

## Darstellung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus anzugeben, die möglichst wenig elektrische Energie während ihres Betriebes speichert und platzsparend realisiert werden kann. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

Die erfindungsgemässe Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus umfasst  $n$  für jede Phase vorgesehene ersten Schaltgruppen, wobei die  $n$ -te erste Schaltgruppe durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter gebildet ist und die erste erste Schaltgruppe bis zur  $(n-1)$ -ten Schaltgruppe jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter verbundenen Kondensator gebildet sind, wobei erfindungsgemäss  $n \geq 1$  ist und jede der  $n$  ersten Schaltgruppen bei mehreren vorhandenen ersten Schaltgruppen parallel mit der jeweils benachbarten ersten Schaltgruppe verbunden ist und der erste und der zweite Leistungshalbleiterschalter der ersten ersten Schaltgruppe miteinander verbunden sind. Erfindungsgemäss sind  $p$  zweite Schaltgruppen und  $p$  dritte Schaltgruppen vorgesehen, welche jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter verbundenen Kondensator gebildet sind, wobei  $p \geq 1$  ist und jede der  $p$  zweiten Schaltgruppen bei mehreren vorhandenen zweiten Schaltgruppen parallel mit der jeweils benachbarten zweiten Schaltgruppe verbunden ist. Jede der  $p$  dritten Schaltgruppen ist bei mehreren vorhandenen dritten Schaltgruppen parallel mit der jeweils benachbarten dritten Schaltgruppe verbunden und die erste zweite Schaltgruppe ist mit dem ersten Leistungshalbleiterschalter der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe verbunden und die erste dritte Schaltgruppe ist mit dem zweiten Leistungshalbleiterschalter der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe verbunden ist. Weiterhin ist der Kondensator der  $p$ -ten zweiten Schaltgruppe mit dem Kondensator der  $p$ -ten dritten Schaltgruppe seriell verbunden.

Durch die vorgesehenen  $p$  zweiten Schaltgruppen und  $p$  dritten Schaltgruppen und deren vorstehend beschriebenen Verbindungen sind die  $p$  zweiten Schaltgruppen beispielsweise nur bei der positiven Halbschwingung bezüglich der Phasenausgangsspannung und die  $p$  dritten Schaltgruppen nur bei der negativen Halbschwingung am Betrieb der erfindungsgemässen Umrichterschaltung beteiligt. Dadurch kann die in der Umrichterschaltung, insbesondere in den Kondensatoren der  $p$  zweiten und dritten Schaltgruppen, gespeicherte elektrische Energie vorteilhaft reduziert werden. Weiterhin dienen die  $n$  ersten Schaltgruppen nur zur Balancierung der Phasenausgangsspannung, so dass bei mehreren vorhandenen ersten Schaltgruppen die Kondensatoren der  $n$  ersten Schaltgruppen im balancierten Zustand im wesentlichen keinen Strom führen und somit auch im wesentlichen keine elektri-

sche Energie speichern. Somit kann die gespeicherte elektrische Energie der Umrichterschaltung insgesamt klein gehalten werden, wodurch die Kondensatoren der Umrichterschaltung nur für eine kleine zu speichernde elektrische Energie, d.h. bezüglich ihre Spannungsfestigkeit und/oder ihrer Kapazität, ausgelegt werden müssen. Aufgrund der geringen Baugrösse der Kondensatoren benötigt die Umrichterschaltung sehr wenig Platz, so dass vorteilhaft ein platzsparender Aufbau, wie er für viele Anwendungen, beispielsweise für Traktionsanwendungen, gefordert ist, möglich ist. Zudem kann durch die geringe Baugrösse der Kondensatoren auch der Montage- und Wartungsaufwand vorteilhaft gering gehalten werden.

10 Diese und weitere Aufgaben, Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit der Zeichnung offensichtlich.

## 15 Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Es zeigen:

- Fig. 1a eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemässen Umrichterschaltung,
- 20 Fig. 1b eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemässen Umrichterschaltung
- Fig. 1c eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Umrichterschaltung
- 25 Fig. 2 eine vierte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung,
- Fig. 3a eine fünfte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung,
- Fig. 3b eine sechste Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung und
- 30 Fig. 4 eine siebte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung.

Die in der Zeichnung verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst aufgelistet. Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die beschriebenen Ausführungsformen stehen beispielhaft für den Erfindungsgegenstand und haben keine beschränkende Wirkung.

5

### Wege zur Ausführung der Erfindung

In Fig. 1a ist eine, insbesondere einphasige, erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus gezeigt. Darin umfasst die Umrichterschaltung  $n$  für jede Phase R, S, T vorgesehene erste Schaltgruppen 1.1,..., 1. $n$ , wobei die  $n$ -te erste Schaltgruppe 1. $n$  durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter 2 und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 gebildet ist und die erste erste Schaltgruppe 1.1 bis zur  $(n-1)$ -ten Schaltgruppe 1. $(n-1)$  jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter 2 und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 verbundenen Kondensator 4 gebildet sind, wobei erfindungsgemäss  $n \geq 1$  ist und jede der  $n$  ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1. $n$  bei mehreren vorhandenen ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1. $n$  parallel mit der jeweils benachbarten ersten Schaltgruppe 1.1,..., 1. $n$  verbunden ist, d.h. dass die  $n$ -te erste Schaltgruppe 1. $n$  mit der  $(n-1)$ -ten ersten Schaltgruppe 1. $(n-1)$  und die  $(n-1)$ -ten ersten Schaltgruppe 1. $(n-1)$  mit der  $(n-2)$ -ten ersten Schaltgruppe 1. $(n-2)$  usw. parallel verbunden ist. Gemäss Fig. 1a sind der erste und der zweite Leistungshalbleiterschalter 2, 3 der ersten ersten Schaltgruppe 1.1 miteinander verbunden. Der Verbindungspunkt des ersten und des zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 der ersten ersten Schaltgruppe 1.1 bildet gemäss Fig. 1a einen Phasenanschluss, insbesondere für die Phase R.

Erfindungsgemäss sind nun gemäss Fig. 1a  $p$  zweite Schaltgruppen 5.1, ..., 5. $p$  und  $p$  dritte Schaltgruppen 6.1, ..., 6. $p$  vorgesehen, welche jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter 2 und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 verbundenen Kondensator 4 gebildet sind, wobei  $p \geq 1$  ist und jede der  $p$  zweiten Schaltgruppen 5.1, ..., 5. $p$  bei mehreren vorhandenen zweiten Schaltgruppen 5.1, ..., 5. $p$  parallel mit der jeweils benachbarten zweiten Schaltgruppe 5.1, ..., 5. $p$  verbunden ist, d.h. dass die  $p$ -te zweite Schaltgruppe 5. $p$  mit der  $(p-1)$ -ten zwei-

30

ten Schaltgruppe 5.(p-1) und die (p-1)-ten zweite Schaltgruppe 5.(p-1) mit der (p-2)-ten zweiten Schaltgruppe 5.(p-2) usw. parallel verbunden ist. Weiterhin ist gemäss Fig. 1a jede der p dritten Schaltgruppen 6.1, ..., 6.p bei mehreren vorhandenen dritten Schaltgruppen 6.1, ..., 6.p parallel mit der jeweils benachbarten dritten Schaltgruppe 6.1, ..., 6.p verbunden, d.h.

- 5 dass die p-te dritte Schaltgruppe 6.p mit der (p-1)-ten dritten Schaltgruppe 6.(p-1) und die (p-1)-ten dritte Schaltgruppe 6.(p-1) mit der (p-2)-ten dritten Schaltgruppe 6.(p-2) usw. parallel verbunden ist.

- Desweiteren ist die erste zweite Schaltgruppe 5.1 mit dem ersten Leistungshalbleiterschalter 2 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n verbunden und die erste dritte Schaltgruppe 6.1 ist mit dem zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n verbunden. Schliesslich ist der Kondensator 4 der p-ten zweiten Schaltgruppe 5.p mit dem Kondensator 4 der p-ten dritten Schaltgruppe 6.p seriell verbunden. Mittels der vorgesehenen p zweiten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p und p dritten Schaltgruppen 6.1, ..., 6.p und deren beschriebenen
- 15 Verbindungen jeweils untereinander, zueinander und zu der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n sind die p zweiten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p beispielsweise nur bei der positiven Halbschwingung bezüglich der Phasenausgangswechselspannung und die p dritten Schaltgruppen 6.1, ..., 6.p nur bei der negativen Halbschwingung bezüglich der Phasenausgangswechselspannung am Betrieb der erfindungsgemässen Umrichterschaltung beteiligt. Somit kann
- 20 die in der Umrichterschaltung, insbesondere in den Kondensatoren 4 der p zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p, gespeicherte elektrische Energie vorteilhaft reduziert werden. Ferner dienen die n ersten Schaltgruppen 1.1,...,1.n lediglich zur Balancierung der Phasenausgangswechselspannung, so dass die Kondensatoren 4 der n ersten Schaltgruppen 1.1,...,1.n im balancierten, d.h. im ausgeglichenen Zustand der Phasenausgangswechselspannung im wesentlichen keinen Strom führen und somit auch im wesentlichen keine elektrische Energie speichern. Damit kann die gespeicherte elektrische Energie der erfindungsgemässen Umrichterschaltung insgesamt klein gehalten werden, wodurch die Kondensatoren 4 der Umrichterschaltung nur für eine kleine zu speichernde elektrische Energie, d.h. bezüglich ihre Spannungsfestigkeit und/oder ihrer Kapazität, ausgelegt werden müssen. Auf-
- 25 grund der geringen Baugrösse der Kondensatoren 4 benötigt die Umrichterschaltung ein Minimum an Platz, so dass vorteilhaft ein platzsparender Aufbau, wie er für viele Anwendungen, beispielsweise für Traktionsanwendungen, gefordert ist, ermöglicht ist. Desweiteren
- 30

kann durch die geringe Baugrösse der Kondensatoren 4 auch der Montage- und Wartungsaufwand vorteilhaft klein gehalten werden.

Gemäss Fig. 1a ist parallel zum ersten Leistungshalbleiterschalter 2 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n beispielhaft ein Spannungsbegrenzungsnetzwerk 7 geschaltet und parallel zum zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n ist ebenfalls ein Spannungsbegrenzungsnetzwerk 7 geschaltet. Das Spannungsbegrenzungsnetzwerk 7 kann optional gewählt werden und dient vorteilhaft der Stabilisierung der Phasenausgangsspannung, insbesondere bei einer gewünschten Phasenausgangsspannung von 0V insbesondere bei einer gewünschten Phasenausgangsspannung von 0V. Vorzugsweise weist das Spannungsbegrenzungsnetzwerk 7 einen Kondensator oder, wie in Fig. 1a gezeigt, eine Serienschaltung eines Widerstands mit einem Kondensator auf. Für den Fachmann ist es klar, dass auch sämtliche weitere erste und zweite Leistungshalbleiterschalter 2, 3 der ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.(n-1) sowie der zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p eine Spannungsbegrenzungsnetzwerk 7, insbesondere jeglicher Art, und/oder ein Strombegrenzungsnetzwerk, insbesondere jeglicher Art, aufweisen können.

In Fig. 1b ist eine, insbesondere einphasige, zweite Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus gezeigt. Im Unterschied zur ersten Ausführungsform nach Fig. 1a weist die n-te erste Schaltgruppe 1.n bei der zweiten Ausführungsform gemäss Fig. 1b einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n verbundenen Kondensator 4 auf, wobei die erste zweite Schaltgruppe 5.1 mit dem Kondensator 4 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n verbunden ist und die erste dritte Schaltgruppe 6.1 mit dem Kondensator 4 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n verbunden ist. Durch den Kondensator 4 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n wird vorteilhaft erreicht, dass insbesondere bei einer gewünschten Phasenausgangsspannung von 0V, diese Phasenausgangsspannung stabilisiert und somit problemlos ohne Störeffekte erreicht werden kann. Im Vergleich der ersten Ausführungsform nach Fig. 1a mit der zweiten Ausführungsform nach Fig. 1b kann der Kondensator 4 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n optional gewählt werden und dient nur der Spannungsbegrenzung beziehungsweise der Spannungsstabilisierung und ist somit nicht als Spannungsquelle anzusehen. Es ist auch denkbar, aber in Fig. 1a der Übersichtlichkeit nicht gezeigt, dass anstelle des Kondensators 4 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n eine Serienschaltung des Kon-

densators 4 mit einem Widerstand vorgesehen ist. Es versteht sich, dass der Kondensator 4 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n beziehungsweise die Serienschaltung des Kondensators 4 mit einem Widerstand für sämtliche beschriebene Ausführungsformen optional gewählt werden kann.

5

In Fig. 1c ist eine, insbesondere einphasige, dritte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus dargestellt. Darin ist die Anzahl der n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n kleiner als die Anzahl der p zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p. In Fig. 1c sind dies dann n=1 erste  
10 Schaltgruppen 1.1, 1.2 und p=2 zweite Schaltgruppen 5.1, 5.2 und p=2 dritte Schaltgruppen 6.1, 6.2. Daraus resultiert vorteilhaft, dass weniger erste Schaltgruppen 1.1,..., 1.n und damit weniger erste und zweite Leistungshalbleiterschalter 2, 3 und weniger Kondensatoren 4 benötigt werden und die erfindungsgemässe Umrichterschaltung somit insgesamt weiter bezüglich ihres Platzbedarfes reduziert werden kann. Vorzugsweise sind die ersten und zweiten  
15 Leistungshalbleiterschalter bei n=1 erste Schaltgruppen 1.1, 1.2, wie beispielhaft in Fig. 1c gezeigt, jeweils ein hochsperrender bidirektionaler Leistungshalbleiterschalter, d.h. durch ein ansteuerbares hochsperrendes elektronisches Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung, beispielsweise durch einen Abschaltthyristor (GTO - Gate Turn-Off Thyristor) oder einen integrierten Thyristor mit kommutierter Ansteuerelektrode (IGCT - Integrated Gate  
20 Commutated Thyristor), und durch ein dazu antiparallel geschaltetes passives nicht ansteuerbares hochsperrendes elektronisches Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung, beispielsweise durch eine Diode gebildet.

In Fig. 2 ist eine, insbesondere einphasige, vierte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus dargestellt.  
25 Darin entspricht die Anzahl der n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n der Anzahl der p zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p entspricht. In Fig. 2 sind dies dann n=2 erste Schaltgruppen 1.1, 1.2 und p=2 zweite Schaltgruppen 5.1, 5.2 und p=2 dritte Schaltgruppen 6.1, 6.2. Entspricht die Anzahl der n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n der Anzahl der  
30 p zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p, so können vorteilhaft allgemein (2n+1) Schaltspannungsniveaus der erfindungsgemässen Umrichterschaltung geschaltet werden, d.h. bei n=2 gemäss Fig. 2 können dann fünf Schaltspannungsniveaus geschaltet werden.



Weiterhin ist es auch denkbar, dass die Anzahl der  $n$  ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1. $n$  grösser als die Anzahl der  $p$  zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1, ..., 5. $p$ ; 6.1, ..., 6. $p$  ist.

5      Gemäss Fig. 1a und Fig. 1c sind der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter 2, 3 der ersten zweiten Schaltgruppe 5.1 miteinander verbunden, wobei der Verbindungspunkt des ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 der ersten zweiten Schaltgruppe 5.1 mit dem ersten Leistungshalbleiterschalter 2 der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe 1. $n$  verbunden ist. Weiterhin sind gemäss Fig. 1a und Fig. 1c der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter 2, 3 der ersten dritten Schaltgruppe 6.1 miteinander verbunden, wobei der Verbindungspunkt des ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 der ersten dritten Schaltgruppe 6.1 mit dem zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe 1. $n$  verbunden ist.

15      Gemäss Fig. 1b sind der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter 2, 3 der ersten zweiten Schaltgruppe 5.1 miteinander verbunden, wobei der Verbindungspunkt des ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 der ersten zweiten Schaltgruppe 5.1 mit dem Verbindungspunkt des Kondensators 4 der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe 1. $n$  und dem ersten Leistungshalbleiterschalter 2 der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe 1. $n$  verbunden ist. Ferner sind der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter 2, 3 der ersten dritten Schaltgruppe 6.1 miteinander verbunden, wobei der Verbindungspunkt des ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 der ersten dritten Schaltgruppe 6.1 mit dem Verbindungspunkt des Kondensators 4 der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe 1. $n$  und dem zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe 1. $n$  verbunden ist.

25

Vorzugsweise ist der erste Leistungshalbleiterschalter 2 und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden Schaltgruppe 1.1,..., 1. $n$ ; 5.1, ..., 5. $p$ ; 6.1, ..., 6. $p$  ein bidirektionaler Leistungshalbleiterschalter, wie bei den Ausführungsformen gemäss Fig. 1a, Fig. 1b, Fig. 1c und Fig. 2 gezeigt.

30

In Fig. 3a ist eine, insbesondere einphasige, fünfte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus gezeigt. Gemäss Fig. 3a ist der erste Leistungshalbleiterschalter 2 einer jeden ersten und einer jeden

zweiten Schaltgruppe 1.1,..., 1.n; 5.1, ..., 5.p ein bidirektionalen Leistungshalbleiterschalter. Ferner ist der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden ersten Schaltgruppe 1.1,..., 1.n und einer jeden dritten Schaltgruppe 6.1, ..., 6.p ein bidirektionalen Leistungshalbleiterschalter. Im Unterschied zur zu den Ausführungsformen gemäss Fig. 1a, Fig. 1b, Fig. 1c und Fig. 2 ist der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden zweiten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p und der erste Leistungshalbleiterschalter 2 einer jeden dritten Schaltgruppe 6.1, ..., 6.p ein unidirektionalen Leistungshalbleiterschalter. Durch diese Massnahme kann die erfindungsgemässe Umrichterschaltung weiter vereinfacht werden.

10 In Fig. 3b ist eine, insbesondere einphasige, sechste Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus gezeigt. Gemäss Fig. 3b ist der erste Leistungshalbleiterschalter 2 einer jeden ersten und einer jeden dritten Schaltgruppe 1.1,..., 1.n; 6.1, ..., 6.p ein bidirektionalen Leistungshalbleiterschalter. Zudem ist der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden ersten und einer jeden zweiten Schaltgruppe 1.1,..., 1.n; 5.1, ..., 5.p ein bidirektionalen Leistungshalbleiterschalter. Darüber hinaus ist der erste Leistungshalbleiterschalter 2 einer jeden zweiten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden dritten Schaltgruppe 6.1, ..., 6.p ein unidirektionalen Leistungshalbleiterschalter. Neben den bereits bei der fünften Ausführungsform gemäss Fig. 3a erwähnten Vorteilen der Vereinfachung der Umrichterschaltung kann die Spannung an den jeweiligen Kondensatoren 4 einer jeden zweiten und dritten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p bei der sechsten Ausführungsform der Umrichterschaltung gemäss Fig. 3b zusätzlich sehr einfach, beispielsweise auf einen vorgegebenen Wert, insbesondere durch Ausregelung, eingestellt werden.

25 In Fig. 4 ist eine, insbesondere einphasige, siebte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus dargestellt. Darin ist der erste Leistungshalbleiterschalter 2 und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden ersten Schaltgruppe 1.1,..., 1.n ein bidirektionalen Leistungshalbleiterschalter. Desweiteren ist der erste Leistungshalbleiterschalter 2 und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden zweiten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p und einer jeden dritten Schaltgruppe 6.1, ..., 6.p ein unidirektionalen Leistungshalbleiterschalter. Durch diese Massnahme ist die erfindungsgemässe Umrichterschaltung ein Gleichrichter, der sehr einfach und zudem

platzsparend realisiert ist, da er mit einer minimalen Anzahl an bidirektionalen Leistungshalbleiterschalter auskommt.

Vorzugsweise ist der jeweilige bidirektionale Leistungshalbleiterschalter der Ausführungsformen der erfindungsgemässen Umrichterschaltung nach Fig. 1a bis Fig. 4 durch ein ansteuerbares elektronisches Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung, beispielsweise durch einen Bipolartransistor mit isoliert angeordneter Ansteuerelektrode (IGBT - Insulated Gate Bipolartransistor) oder wie in Fig. 1c gezeigt und bereits erwähnt durch einen Abschaltthyristor (GTO - Gate Turn-Off Thyristor) oder einen integrierten Thyristor mit kommutierter Ansteuerelektrode (IGCT - Integrated Gate Commutated Thyristor), und durch ein dazu antiparallel geschaltetes passives nicht ansteuerbares elektronisches Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung, beispielsweise durch eine Diode gebildet. Die gemäss Fig. 1a, Fig. 1b, Fig. 1c und Fig. 2 als bidirektionale Leistungshalbleiterschalter ausgebildeten ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 sind innerhalb der jeweiligen Schaltgruppe 1.1,..., 1.n; 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p derart verschaltet, dass sie eine entgegengesetzte gesteuerte Hauptstromrichtung aufweisen, d.h. die ansteuerbaren elektronischen Bauelemente mit unidirektionaler Stromführungsrichtung eine zueinander entgegengesetzte gesteuerte Hauptstromrichtung aufweisen. Darüber hinaus sind die passiven nicht ansteuerbaren elektronischen Bauelemente mit unidirektionaler Stromführungsrichtung der ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 gemäss Fig. 1a, Fig. 1b, Fig. 1c und Fig. 2 innerhalb der jeweiligen Schaltgruppe 1.1,..., 1.n; 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p derart verschaltet, dass sie eine zueinander entgegengesetzte gesteuerte Stromrichtung aufweisen.

Weiterhin ist der jeweilige unidirektionale Leistungshalbleiterschalter gemäss den Ausführungsformen der erfindungsgemässen Umrichterschaltung nach Fig. 3a,b und Fig. 4 vorzugsweise durch ein passives nicht ansteuerbares elektronisches Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung, beispielsweise durch eine Diode gebildet. Wie bereits erwähnt, kann die erfindungsgemässe Umrichterschaltung gemäss Fig. 3a,b und Fig. 4 durch diese Massnahme weiter dahingehend vereinfacht werden, dass weniger ansteuerbare elektronische Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung benötigt werden und der Ansteueraufwand somit signifikant reduziert werden kann. Die gemäss Fig. 3a,b und Fig. 4 als bidirektionale Leistungshalbleiterschalter ausgebildeten ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 sind innerhalb der jeweiligen ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n derart

verschaltet, dass sie eine entgegengesetzte gesteuerte Hauptstromrichtung aufweisen, d.h. die ansteuerbaren elektronischen Bauelemente mit unidirektionaler Stromführungsrichtung eine zueinander entgegengesetzte gesteuerte Hauptstromrichtung aufweisen. Ferner ist gemäss Fig. 3a,b bei der jeweiligen zweiten und dritten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p

5 das passive nicht ansteuerbare elektronische Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung des ersten beziehungsweise zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 und das ansteuerbare elektronische Bauelemente mit unidirektionaler Stromführungsrichtung des ersten beziehungsweise zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 innerhalb der jeweiligen zweiten und dritten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p derart verschaltet, dass sie eine zueinander entgegengesetzte Stromrichtung aufweisen. Schliesslich sind die gemäss Fig. 4 als unidirektionalen Leistungshalbleiterschalter ausgebildeten ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 innerhalb der jeweiligen zweiten und dritten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p derart verschaltet, dass sie eine zueinander entgegengesetzte Stromrichtung aufweisen.

15 Es hat sich zudem als sehr vorteilhaft erwiesen, bei den n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter 2 jeweils benachbarter erster Schaltgruppen 1.1,..., 1.n in einem Modul zu integrieren, d.h. dass bei mehreren vorhandenen ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n der erste Leistungshalbleiterschalter 2 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n und der erste Leistungshalbleiterschalter 2 der (n-1)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-1) in einem Modul integriert sind und der erste Leistungshalbleiterschalter 2 der (n-1)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-1) und der erste Leistungshalbleiterschalter 2 der (n-2)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-2) in einem Modul integriert sind usw.. Weiterhin hat es sich als vorteilhaft erwiesen, bei den n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n die zwei zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 jeweils benachbarter erster Schaltgruppen 1.1,..., 1.n in einem Modul zu integrieren, d.h. dass bei mehreren vorhandenen ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 der (n-1)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-1) in einem Modul integriert sind und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 der (n-1)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-1) und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 der (n-2)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-2) in einem Modul integriert sind usw.. Solche Module sind gängigerweise Standard-Halbbrücken-Module und dementsprechend einfach aufgebaut, wenig stör anfällig und zudem kostengünstig. Ferner hat es sich bei mehreren vorhandenen zweiten Schaltgruppen 5.1,..., 5.p als vorteilhaft erwiesen,

dass bei den p zweiten Schaltgruppen 5.1,..., 5.p die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter 2 jeweils benachbarter zweiter Schaltgruppen 5.1,..., 5.p in einem Modul und die zwei zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 jeweils benachbarter zweiter Schaltgruppen 5.1,..., 5.p in einem Modul nach der vorstehend für die ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n detailliert beschriebenen Weise zu integrieren. Darüber hinaus hat es sich bei mehreren vorhandenen dritten Schaltgruppen 6.1,..., 6.p als vorteilhaft erwiesen, dass bei den p dritten Schaltgruppen 6.1,..., 6.p die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter 2 jeweils benachbarter dritter Schaltgruppen 6.1,..., 6.p in einem Modul und die zwei zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 jeweils benachbarter dritter Schaltgruppen 6.1,..., 6.p in einem Modul nach der vorstehend für die ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n detailliert beschriebenen Weise zu integrieren. Es versteht sich, dass die vorstehend detailliert erläuterte Integration der jeweiligen ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 für sämtliche Ausführungsformen der erfindungsgemässen Umrichterschaltung gemäss Fig. 1a bis Fig. 4 gilt.

Es ist aber auch denkbar, bei den n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n, bei den p zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1,..., 5.p; 6.1,..., 6.p jeweils den ersten Leistungshalbleiterschalter 2 und den zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 in einem Modul zu integrieren. Wie bereits erwähnt sind solche Module üblicherweise Standard-Halbbrücken-Module und dementsprechend einfach aufgebaut, wenig stör anfällig und zudem kostengünstig. Es versteht auch hier sich, dass die vorstehend detailliert erläuterte Integration der jeweiligen ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 für sämtliche Ausführungsformen der erfindungsgemässen Umrichterschaltung gemäss Fig. 1a bis Fig. 4 gilt.

Bei einer mehrphasig zu realisierenden erfindungsgemässen Umrichterschaltung sind die p-ten zweiten Schaltgruppen 5.p der Phasen R, S, T vorzugsweise parallel miteinander verbunden und die p-ten dritten Schaltgruppen 6.p der Phasen R, S, T parallel miteinander verbunden. Die jeweiligen Verbindungen erfolgen an den Kondensatoren 4 der jeweiligen p-ten zweiten Schaltgruppen 5.p beziehungsweise an den Kondensatoren 4 der jeweiligen p-ten dritten Schaltgruppen 6.p.

Um vorteilhaft bei einer mehrphasig realisierten Umrichterschaltung Platz einsparen zu können sind die Kondensatoren 4 der p-ten zweiten Schaltgruppen 5.p der Phasen R, S, T vorzugsweise zu einem Kondensator zusammengefasst. Zudem sind die Kondensatoren 4 der

p-ten dritten Schaltgruppen 6.p der Phasen R, S, T vorzugsweise ebenfalls zu einem Kondensator zusammengefasst.

- 5 Insgesamt stellt die erfindungsgemässe Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus somit eine durch eine geringe gespeicherte elektrische Energie während ihres Betriebes und durch einen platzsparenden Aufbau gekennzeichnete und damit unkomplizierte, robuste und wenig störungsanfällige Lösung dar.

**Bezugszeichenliste**

	1.1, ..., 1.n	erste Schaltgruppen
5	2	erster Leistungshalbleiterschalter
	3	zweiter Leistungshalbleiterschalter
	4	Kondensator
	5.1, ..., 5.p	zweite Schaltgruppen
	6.1, ..., 6.p	dritte Schaltgruppen
10	7	Spannungsbegrenzungsnetzwerk

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus, mit n für  
5 jede Phase (R, S, T) vorgesehenen ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1.n), wobei die n-te  
erste Schaltgruppe (1.n) durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter (2) und einen  
zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) gebildet ist und die erste erste Schaltgruppe (1.1)  
bis zur (n-1)-ten Schaltgruppe (1.(n-1)) jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiter-  
10 schalter (2) und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) und durch einen mit dem  
ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter (2, 3) verbundenen Kondensator (4) ge-  
bildet sind, wobei jede der n ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1.n) parallel mit der jeweils  
benachbarten ersten Schaltgruppe (1.1,..., 1.n) verbunden ist und der erste und der zwei-  
te Leistungshalbleiterschalter (2, 3) der ersten ersten Schaltgruppe (1.1) miteinander  
verbunden sind, dadurch gekennzeichnet,  
15 dass  $n \geq 1$  ist und p zweite Schaltgruppen (5.1, ..., 5.p) und p dritte Schaltgruppen (6.1,  
..., 6.p) vorgesehen sind, welche jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter  
(2) und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) und durch einen mit dem ersten  
und zweiten Leistungshalbleiterschalter (2, 3) verbundenen Kondensator (4) gebildet  
sind, wobei  $p \geq 1$  ist und jede der p zweiten Schaltgruppen (5.1, ..., 5.p) parallel mit der  
20 jeweils benachbarten zweiten Schaltgruppe (5.1, ..., 5.p) verbunden ist und jede der p  
dritten Schaltgruppen (6.1, ..., 6.p) parallel mit der jeweils benachbarten dritten Schalt-  
gruppe (6.1, ..., 6.p) verbunden ist und die erste zweite Schaltgruppe (5.1) mit dem ers-  
ten Leistungshalbleiterschalter (2) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist und  
die erste dritte Schaltgruppe (6.1) mit dem zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) der n-  
25 ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist, und  
dass der Kondensator (4) der p-ten zweiten Schaltgruppe (5.p) mit dem Kondensator (4)  
der p-ten dritten Schaltgruppe (6.p) seriell verbunden ist.
2. Umrichterschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zum ersten  
30 Leistungshalbleiterschalter (2) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) ein Spannungsbe-  
grenzungsnetzwerk (7) geschaltet ist und



dass parallel zum zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) ein Spannungsbegrenzungsnetzwerk (7) geschaltet ist.

3. Umrichterschaltung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Spannungsbegrenzungsnetzwerk (7) einen Kondensator aufweist.

4. Umrichterschaltung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Spannungsbegrenzungsnetzwerk (7) eine Serienschaltung eines Widerstands mit einem Kondensator aufweist.

5. Umrichterschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die n-te erste Schaltgruppe (1.n) einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter (2, 3) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbundenen Kondensator (4) aufweist, wobei die erste zweite Schaltgruppe (5.1) mit dem Kondensator (4) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist und die erste dritte Schaltgruppe (6.1) mit dem Kondensator (4) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist.

6. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter (2, 3) der ersten zweiten Schaltgruppe (5.1) miteinander verbunden sind, wobei der Verbindungspunkt des ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalters (2, 3) der ersten zweiten Schaltgruppe (5.1) mit dem ersten Leistungshalbleiterschalter (2) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist, und dass der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter (2, 3) der ersten dritten Schaltgruppe (6.1) miteinander verbunden sind, wobei der Verbindungspunkt des ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalters (2, 3) der ersten dritten Schaltgruppe (6.1) mit dem zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist.

7. Umrichterschaltung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter (2, 3) der ersten zweiten Schaltgruppe (5.1) miteinander verbunden sind, wobei der Verbindungspunkt des ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalters (2, 3) der ersten zweiten Schaltgruppe (5.1) mit dem Verbindungspunkt des

Kondensators (4) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) und dem ersten Leistungshalbleiterschalter (2) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist, und dass der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter (2, 3) der ersten dritten Schaltgruppe (6.1) miteinander verbunden sind, wobei der Verbindungspunkt des ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalters (2, 3) der ersten dritten Schaltgruppe (6.1) mit dem Verbindungspunkt des Kondensators (4) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) und dem zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist.

- 10 8. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der n ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1.n) der Anzahl der p zweiten und dritten Schaltgruppen (5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p) entspricht.
- 15 9. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der n ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1.n) kleiner als die Anzahl der p zweiten und dritten Schaltgruppen (5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p) ist.
- 20 10. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der n ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1.n) grösser als die Anzahl der p zweiten und dritten Schaltgruppen (5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p) ist.
- 25 11. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Leistungshalbleiterschalter (2) und der zweite Leistungshalbleiterschalter (3) einer jeden Schaltgruppe (1.1,..., 1.n; 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p) ein bidirektionaler Leistungshalbleiterschalter ist.
- 30 12. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Leistungshalbleiterschalter (2) einer jeden ersten und einer jeden zweiten Schaltgruppe (1.1,..., 1.n; 5.1, ..., 5.p) ein bidirektionaler Leistungshalbleiterschalter ist, dass der zweite Leistungshalbleiterschalter (3) einer jeden ersten und einer jeden dritten Schaltgruppe (1.1,..., 1.n; 6.1, ..., 6.p) ein bidirektionaler Leistungshalbleiterschalter ist, und

dass der zweite Leistungshalbleiterschalter (3) einer jeden zweiten Schaltgruppe (5.1, ..., 5.p) und der erste Leistungshalbleiterschalter (2) einer jeden dritten Schaltgruppe (6.1, ..., 6.p) ein unidirektionalen Leistungshalbleiterschalter ist.

- 5 13. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass  
der erste Leistungshalbleiterschalter (2) einer jeden ersten und einer jeden dritten  
Schaltgruppe (1.1,..., 1.n; 6.1, ..., 6.p) ein bidirektionalen Leistungshalbleiterschalter ist,  
dass der zweite Leistungshalbleiterschalter (3) einer jeden ersten und einer jeden zwei-  
ten Schaltgruppe (1.1,..., 1.n; 5.1, ..., 5.p) ein bidirektionalen Leistungshalbleiterschalter  
10 ist, und  
dass der erste Leistungshalbleiterschalter (2) einer jeden zweiten Schaltgruppe (5.1, ..., 5.p)  
und der zweite Leistungshalbleiterschalter (3) einer jeden dritten Schaltgruppe (6.1, ..., 6.p)  
ein unidirektionalen Leistungshalbleiterschalter ist.
- 15 14. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass  
der erste Leistungshalbleiterschalter (2) und der zweite Leistungshalbleiterschalter (3)  
einer jeden ersten Schaltgruppe (1.1,..., 1.n) ein bidirektionalen Leistungshalbleiterschalter  
ist, und  
dass der erste Leistungshalbleiterschalter (2) und der zweite Leistungshalbleiter-  
20 schalter (3) einer jeden zweiten Schaltgruppe (5.1, ..., 5.p) und einer jeden dritten  
Schaltgruppe (6.1, ..., 6.p) ein unidirektionalen Leistungshalbleiterschalter ist.
- 25 15. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass  
der bidirektionale Leistungshalbleiterschalter durch ein ansteuerbares elektronisches  
Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung und durch ein dazu antiparallel  
geschaltetes passives nicht ansteuerbares elektronisches Bauelement mit unidirektionaler  
Stromführungsrichtung gebildet ist.
- 30 16. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass  
der unidirektionale Leistungshalbleiterschalter durch ein passives nicht ansteuerbares  
elektronischen Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung gebildet ist.

17. Umrichterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei den  $n$  ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1. $n$ ) die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter (2) jeweils benachbarter erster Schaltgruppen (1.1,..., 1. $n$ ) in einem Modul integriert sind und die zwei zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) jeweils benachbarter erster Schaltgruppen (1.1,..., 1. $n$ ) in einem Modul integriert sind.
18. Umrichterschaltung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass bei den  $p$  zweiten Schaltgruppen (5.1,..., 5. $p$ ) die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter (2) jeweils benachbarter zweiter Schaltgruppen (5.1,..., 5. $p$ ) in einem Modul integriert sind und die zwei zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) jeweils benachbarter zweiter Schaltgruppen (5.1,..., 5. $p$ ) in einem Modul integriert sind, und dass bei den  $p$  dritten Schaltgruppen (6.1,..., 6. $p$ ) die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter (2) jeweils benachbarter dritter Schaltgruppen (6.1,..., 6. $p$ ) in einem Modul integriert sind und die zwei zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) jeweils benachbarter dritter Schaltgruppen (6.1,..., 6. $p$ ) in einem Modul integriert sind.
19. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass bei den  $n$  ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1. $n$ ) und bei den  $p$  zweiten und dritten Schaltgruppen (5.1,..., 5. $p$ ; 6.1,..., 6. $p$ ) jeweils der erste Leistungshalbleiterschalter (2) und der zweite Leistungshalbleiterschalter (3) in einem Modul integriert ist.
20. Umrichterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei mehreren Phasen (R, S, T) die  $p$ -ten zweiten Schaltgruppen (5. $p$ ) der Phasen (R, S, T) parallel miteinander verbunden sind und die  $p$ -ten dritten Schaltgruppen (6. $p$ ) der Phasen (R, S, T) parallel miteinander verbunden sind.
21. Umrichterschaltung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Kondensatoren (4) der  $p$ -ten zweiten Schaltgruppen (5. $p$ ) der Phasen (R, S, T) zu einem Kondensator zusammengefasst sind, und dass die Kondensatoren (4) der  $p$ -ten dritten Schaltgruppen (6. $p$ ) der Phasen (R, S, T) zu einem Kondensator zusammengefasst sind.

**GEÄNDERTE ANSPRÜCHE**

**[beim Internationalen Büro am 27. August 2004 ( 27.08.04 ) eingegangen ;  
ursprünglicher Anspruch 1 geändert ;  
alle restlichen Ansprüche unverändert (1 Seite)]**

1. Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus, mit  $n$  für jede Phase (R, S, T) vorgesehenen ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1. $n$ ), wobei die  $n$ -te erste Schaltgruppe (1. $n$ ) durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter (2) und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) gebildet ist und die erste erste Schaltgruppe (1.1) bis zur ( $n-1$ )-ten Schaltgruppe (1.( $n-1$ )) jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter (2) und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter (2, 3) verbundenen Kondensator (4) gebildet sind, wobei jede der  $n$  ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1. $n$ ) verkettet mit der jeweils benachbarten ersten Schaltgruppe (1.1,...,1. $n$ ) verbunden ist und der erste und der zweite Leistungshalbleiterschalter (2, 3) der ersten ersten Schaltgruppe (1.1) miteinander verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass  $n \geq 1$  ist und  $p$  zweite Schaltgruppen (5.1, ..., 5. $p$ ) und  $p$  dritte Schaltgruppen (6.1, ..., 6. $p$ ) vorgesehen sind, welche jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter (2) und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter (2, 3) verbundenen Kondensator (4) gebildet sind, wobei  $p \geq 1$  ist und jede der  $p$  zweiten Schaltgruppen (5.1, ..., 5. $p$ ) verkettet mit der jeweils benachbarten zweiten Schaltgruppe (5.1, ..., 5. $p$ ) verbunden ist und jede der  $p$  dritten Schaltgruppen (6.1, ..., 6. $p$ ) verkettet mit der jeweils benachbarten dritten Schaltgruppe (6.1, ..., 6. $p$ ) verbunden ist und die erste zweite Schaltgruppe (5.1) mit dem ersten Leistungshalbleiterschalter (2) der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe (1. $n$ ) verbunden ist und die erste dritte Schaltgruppe (6.1) mit dem zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe (1. $n$ ) verbunden ist, und dass der Kondensator (4) der  $p$ -ten zweiten Schaltgruppe (5. $p$ ) mit dem Kondensator (4) der  $p$ -ten dritten Schaltgruppe (6. $p$ ) seriell verbunden ist.
2. Umrichterschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zum ersten Leistungshalbleiterschalter (2) der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe (1. $n$ ) ein Spannungsbegrenzungsnetzwerk (7) geschaltet ist und

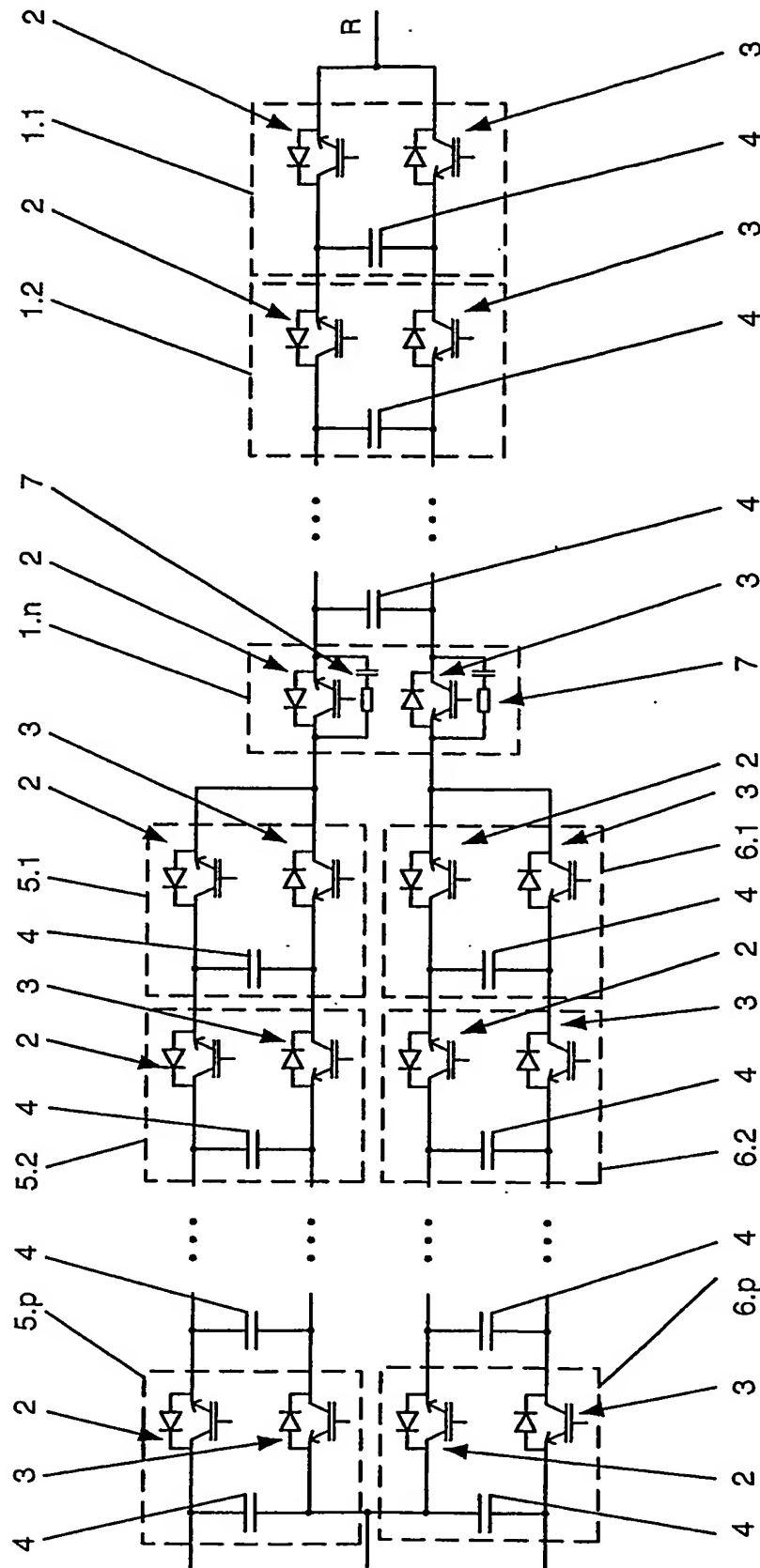


Fig. 1a

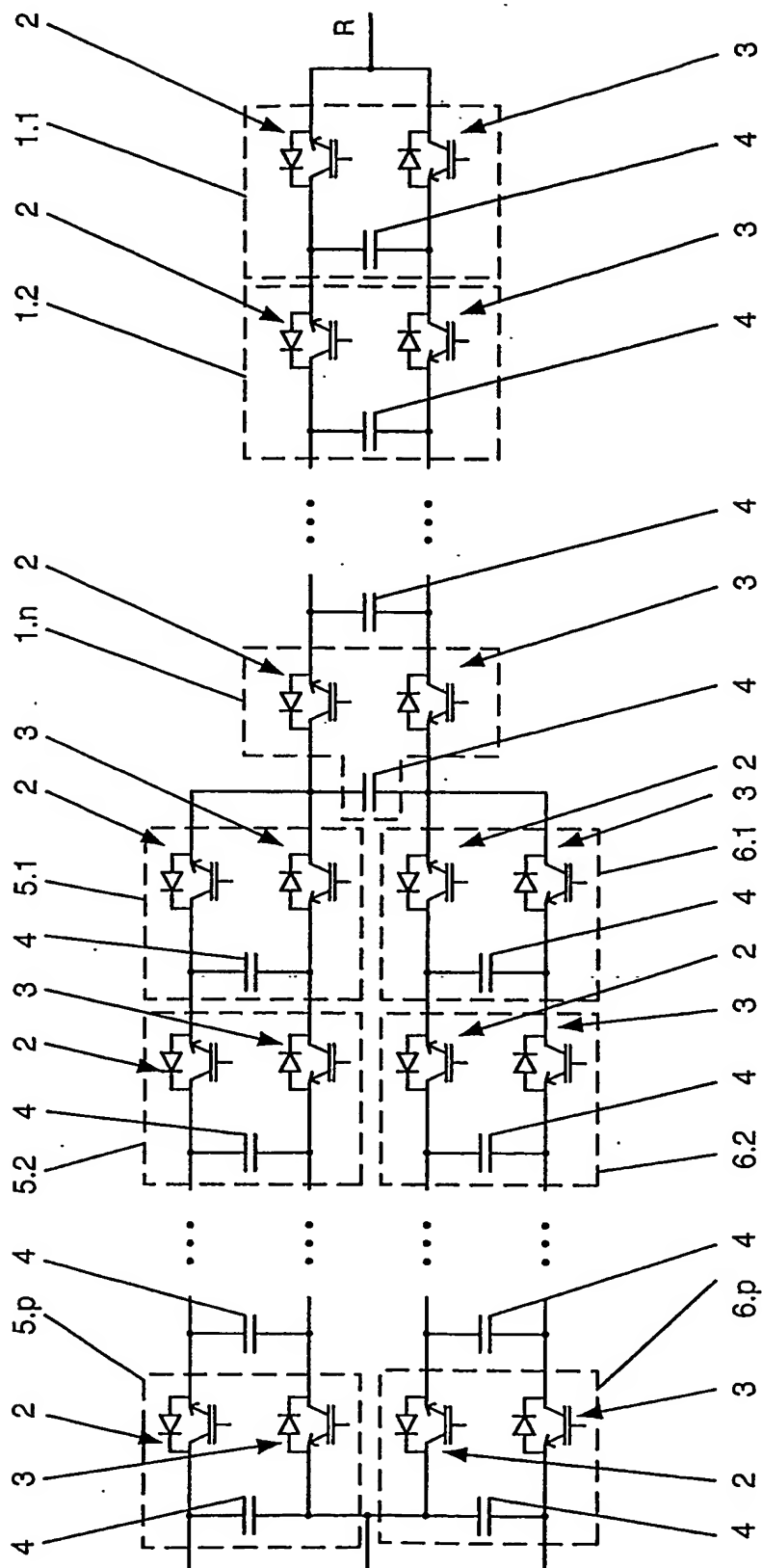


Fig. 1b

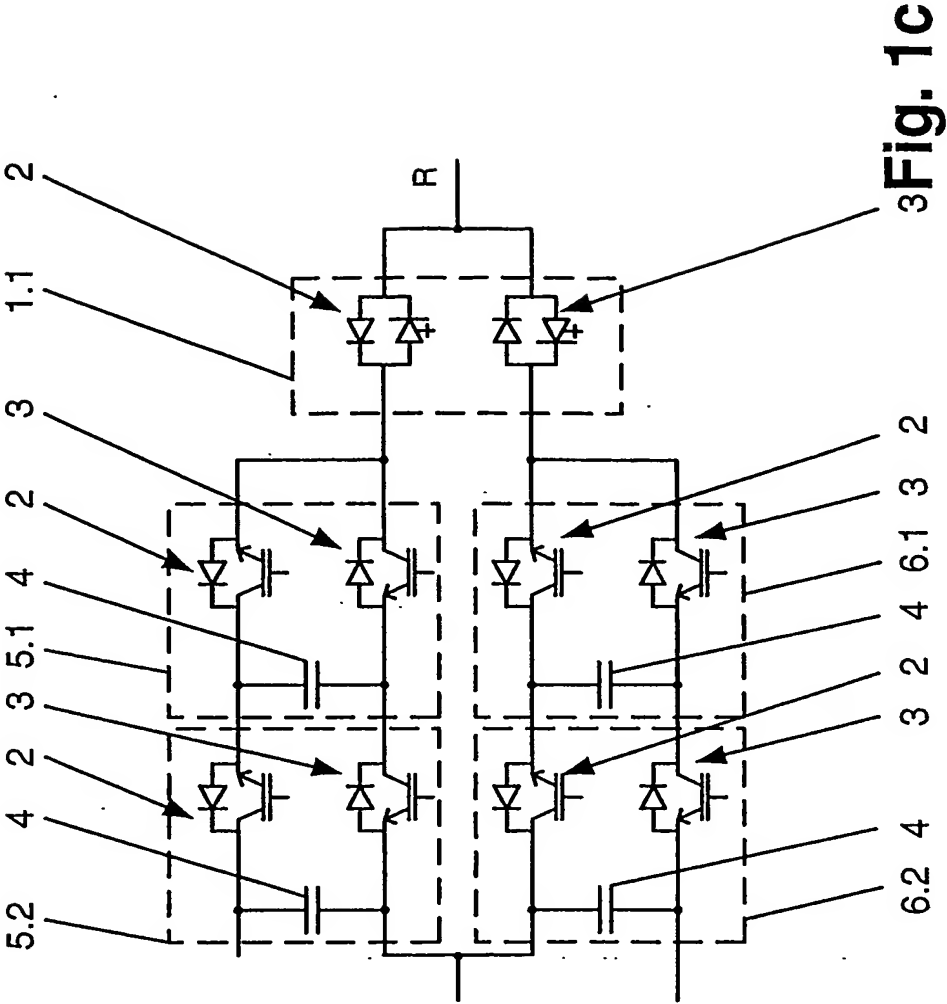


Fig. 1c



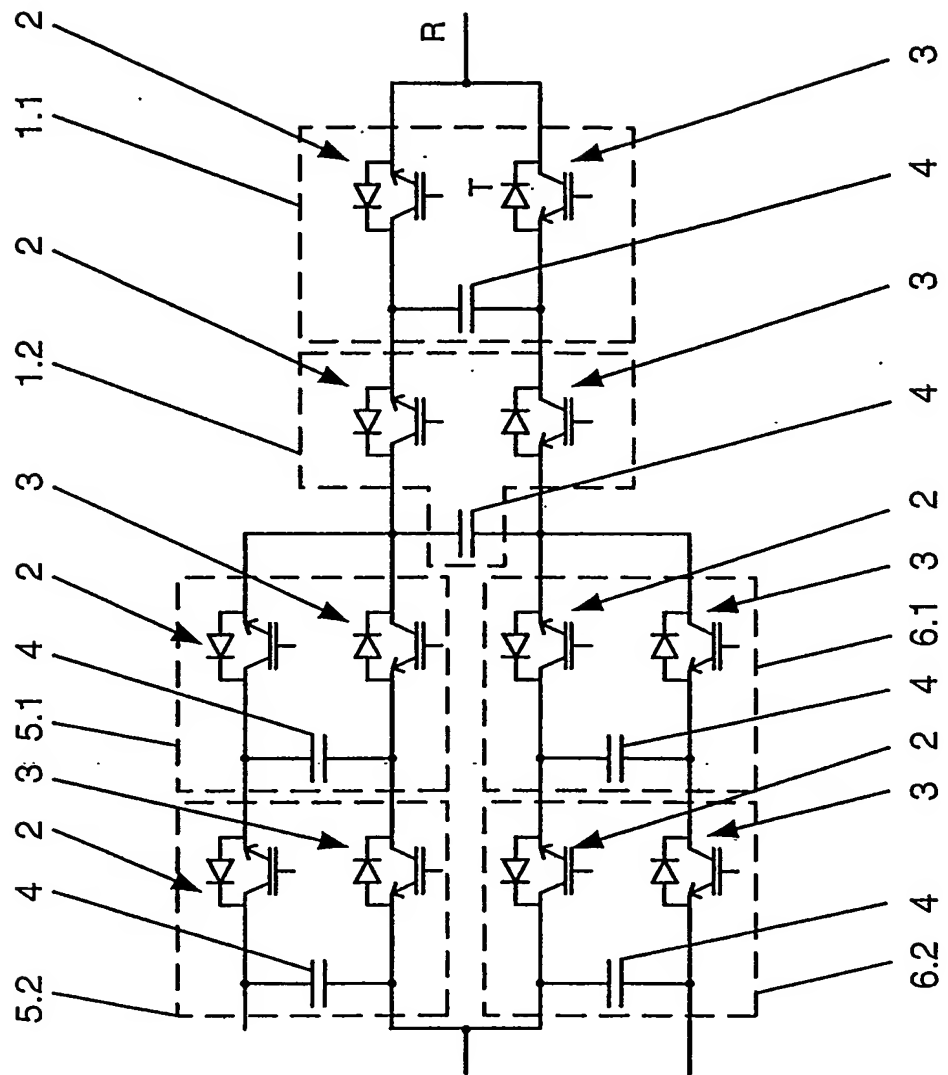


Fig. 2

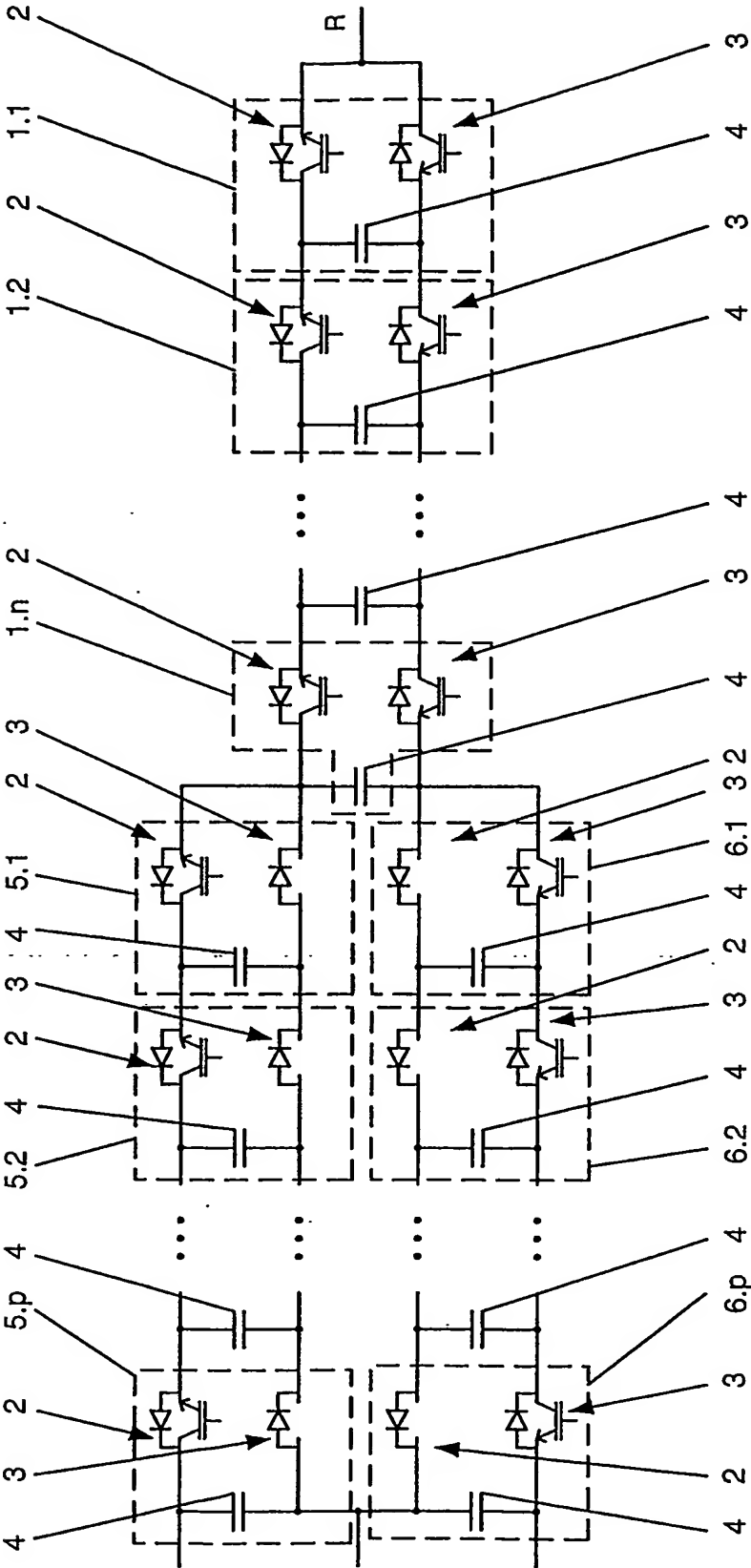


Fig. 3a



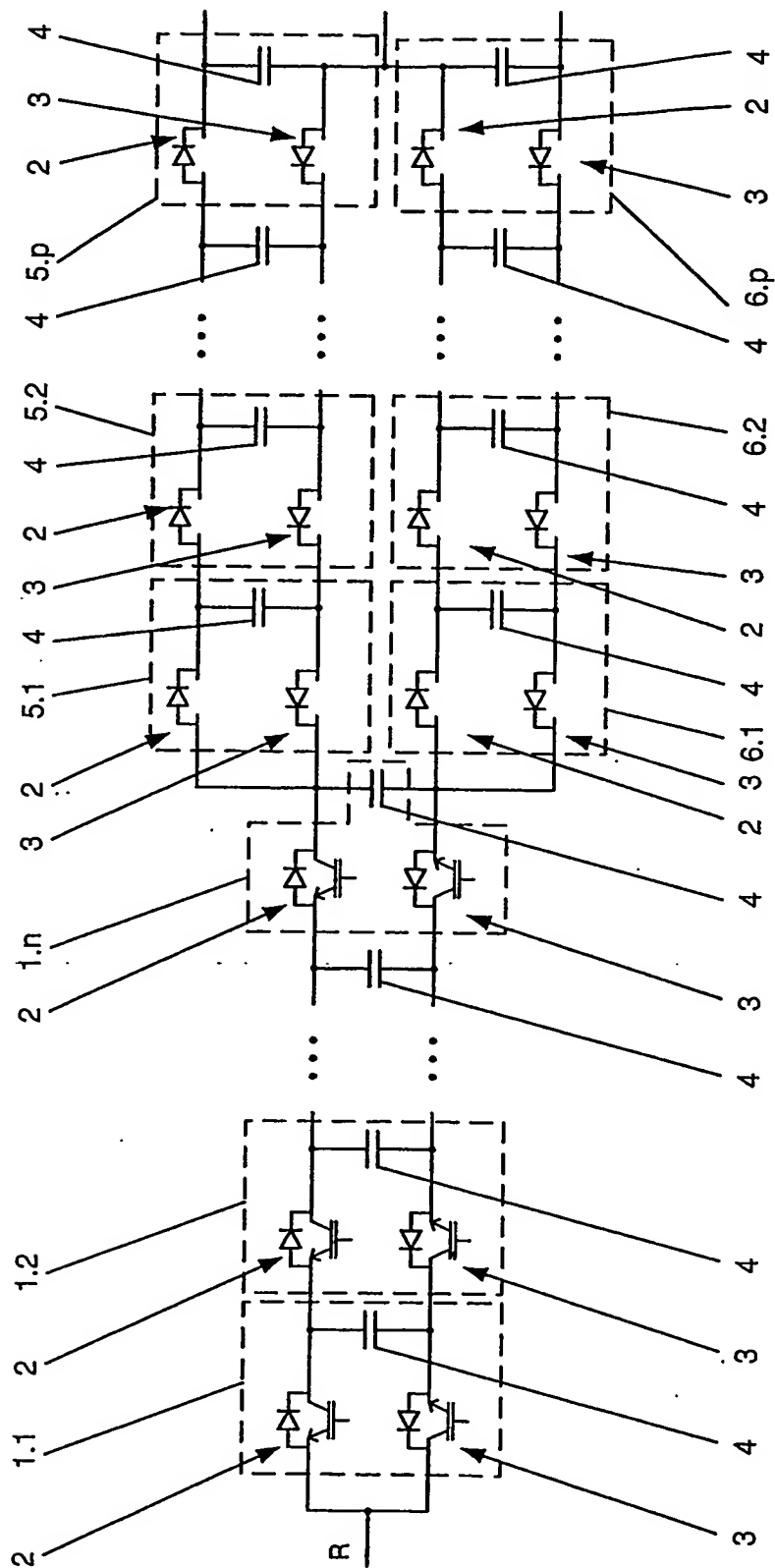


Fig. 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/CH 03/00768

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 H02M7/48		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H02M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 737 201 A (THIERRY MEYNARD) 7 April 1998 (1998-04-07) cited in the application abstract figure 1	1
A	FR 2 828 029 A (CNRS) 31 January 2003 (2003-01-31) abstract figure 2	1
A	WO 01/93412 A (CNRS) 6 December 2001 (2001-12-06) figures 1-3 abstract	1
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.</span> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Special categories of cited documents :</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">30 July 2004</div>		Date of mailing of the international search report  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">06/08/2004</div>
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Lund, M</div>

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/CH 03/00768

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5737201	A	07-04-1998	CA 2078796 A1	23-03-1994
			FR 2679715 A1	29-01-1993
			AT 129104 T	15-10-1995
			DE 69205413 D1	16-11-1995
			EP 0555432 A1	18-08-1993
			WO 9302501 A1	04-02-1993
			JP 6503224 T	07-04-1994
			DE 69205413 T2	13-06-1996
			ES 2081123 T3	16-02-1996
			JP 3301761 B2	15-07-2002
FR 2828029	A	31-01-2003	FR 2828029 A1	31-01-2003
			CA 2455352 A1	06-02-2003
			EP 1410488 A2	21-04-2004
			WO 03010875 A2	06-02-2003
WO 0193412	A	06-12-2001	FR 2809548 A1	30-11-2001
			AU 6401901 A	11-12-2001
			CA 2409937 A1	06-12-2001
			EP 1287609 A2	05-03-2003
			WO 0193412 A2	06-12-2001
			JP 2004501597 T	15-01-2004
			US 2004032757 A1	19-02-2004

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

ii Internationales Aktenzeichen  
PCT/CH 03/00768

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 H02M/48		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H02M		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 737 201 A (THIERRY MEYNARD) 7. April 1998 (1998-04-07) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Abbildung 1	1
A	FR 2 828 029 A (CNRS) 31. Januar 2003 (2003-01-31) Zusammenfassung Abbildung 2	1
A	WO 01/93412 A (CRNS) 6. Dezember 2001 (2001-12-06) Abbildungen 1-3 Zusammenfassung	1
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen                 </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie                 </div> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>*&amp;* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> </div> </div>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">30. Juli 2004</div>		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">06/08/2004</div>
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Lund, M</div>

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/CH 03/00768

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5737201	A	07-04-1998	CA 2078796 A1	23-03-1994
			FR 2679715 A1	29-01-1993
			AT 129104 T	15-10-1995
			DE 69205413 D1	16-11-1995
			EP 0555432 A1	18-08-1993
			WO 9302501 A1	04-02-1993
			JP 6503224 T	07-04-1994
			DE 69205413 T2	13-06-1996
			ES 2081123 T3	16-02-1996
			JP 3301761 B2	15-07-2002
FR 2828029	A	31-01-2003	FR 2828029 A1	31-01-2003
			CA 2455352 A1	06-02-2003
			EP 1410488 A2	21-04-2004
			WO 03010875 A2	06-02-2003
WO 0193412	A	06-12-2001	FR 2809548 A1	30-11-2001
			AU 6401901 A	11-12-2001
			CA 2409937 A1	06-12-2001
			EP 1287609 A2	05-03-2003
			WO 0193412 A2	06-12-2001
			JP 2004501597 T	15-01-2004
			US 2004032757 A1	19-02-2004